

ZAHNÄRZTLICHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

Abteilung für Kronen und Brücken. Leiter: Prof. Dr. E. Dolder

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN VON ALGINAT-ABDRUCKSTOFFEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

Vorgelegt von

MAX KNUPP

von Hefenhofen TG

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. E. Dolder

ZÜRICH 1954



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41507227_0050

ZAHNÄRZTLICHES INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

Abteilung für Kronen und Brücken. Leiter: Prof. Dr. E. Dolder

PHYSIKALISCHE
EIGENSCHAFTEN VON
ALGINAT-ABDRUCKSTOFFEN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Zürich

Vorgelegt von
MAX KNUPP
von Hefenhofen TG

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. E. Dolder

ZÜRICH 1954
Grazer Druckerei, Graz, Hartiggasse 4

MEINEN
ELTERN IN DANKBARKEIT
GEWIDMET



INHALTS-ÜBERSICHT

A. Bisherige Kenntnisse

1. Historischer Überblick	5
2. Allgemeine Eigenschaften eines Abdruckstoffs	6
3. Spezielle Eigenschaften der hydrokolloidalen Abdruckstoffe	8
4. Der Abbindungsprozeß der hydrokolloidalen Abdruckstoffe	9

B. Eigene Untersuchungen

1. Verwendete Produkte und deren Zubereitung	10
2. Prüfung physikalischer Eigenschaften	11
a) Zugelastizität und Zugfestigkeit	11
b) Volumenverhalten	15
c) Formverhalten	21
d) Adhäsion	26
e) Vergleichender Überblick	28
3. Zusammenfassung	30
Literaturverzeichnis	31

A. Bisherige Kenntnisse

1. Historischer Überblick

Die Gewinnung eines Abdrucks des menschlichen Gebisses und der anliegenden Kieferpartien ist ein unentbehrliches Hilfsmittel in der zahnärztlichen Therapie. In diesem Zusammenhang bemühte sich die wissenschaftliche Forschung stets, dem Zahnarzt geeignete Abdruckmaterialien zur Verfügung zu stellen.

Die alten Ägypter verstanden es, mit Hilfe von Wachs Abdrücke herzustellen. Mit diesem Material wurde jahrhundertlang gearbeitet und verschiedene Abdruckverfahren dafür entwickelt. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurden dann Versuche mit Guttapercha gemacht, die sich damals trotz verschiedener Zusätze als zu zäh und klebrig erwies. Gegen Ende desselben Jahrhunderts wurde die Abdrucknahme mit Gips durch die Zahnärzte Westcott, Dunning und Bridges (Schweizer 11) ausgearbeitet. Gips besitzt in der Tat viele Vorteile und ist auch heute aus dem zahnärztlichen Werkstoffschatz nicht wegzudenken. Da aber mit dessen Verwendung auch Unannehmlichkeiten verbunden sind (Wärmeabgabe bei der Erstarrung, keine Elastizität, oft notwendige komplizierte Brechprozedur), so ist es nicht verwunderlich, daß nach weiteren Abdruckstoffen gesucht wurde. Es erschienen 1860 die Kompositionsmassen aus Harzen, Stearinsäure und Talk, deren Indikationsgebiet heute aber stark eingeengt ist. Ein großer Fortschritt auf dem Gebiete der Abdruckstoffe war 1927 die Einführung von Dentocoll (De Trey), des ersten hydrokolloidalen Abdruckstoffs. Seine Elastizität und der damit verbundene Vorteil, daß der Abdruck in einem Stück aus dem Munde entfernt werden kann, sicherten ihm damals eine große Anhängerschaft. Es enthält als Grundsubstanz Agar-Agar, daneben Kautschuk und Baumwollfasern. Leider ist die Verwendung ziemlich kompliziert, da einerseits zur Vorbereitung eine Spritze mit Kocher notwendig sind und andererseits die hohe Applikationstemperatur und die langwierige Abkühlung vom Patienten wie vom Zahnarzt nicht geschätzt werden. Außer Dentocoll sind im Laufe der Zeit noch einige andere Agarstoffe entwickelt worden (Kerr, Perfectocoll u. a.). Wesentlich einfacher in der Handhabung sind die Alginatabdruckstoffe, deren erster, das Zelex (De Trey), 1940 in der Schweiz erschien und von Dolder (2) damals eingehend untersucht worden ist. Im Laufe der Zeit kamen eine Reihe von Abdruckstoffen auf der Alginat-Basis auf den Markt, speziell auch in Amerika. Schweizer (11) hat 1949 die neueren Produkte auf ihre physikalischen Eigenschaften hin untersucht und mit Dentocoll verglichen. Die Agar-Produkte sind heute in der Praxis fast vollständig von den Alginatprodukten verdrängt worden. Einzig für Kleinabdrücke — mit besondern kleinen Spritzen appliziert — werden sie in Kombination mit thermoplastischen Stoffen noch verwendet (Knapp 7).

Die Einfachheit ihrer Anwendung hat den Alginaten große Indikationsgebiete verschafft. Das spezielle Indikationsgebiet ist das Lücken-gebiß, während für den Abdruck des zahnlosen Kiefers auch heute noch meistens Gips oder Guttapercha verwendet wird. Die Kieferchirurgie bedient sich heute auch weitgehend dieser Alginatstoffe, sei es bei Kieferbrüchen oder speziell für Resektionsprothesen. Für die Kronen- und Brückenarbeiten ist der Gips das genaueste Abdruckmaterial, für den Abguß des Gegenkiefers wird jedoch der Alginatabdruckstoff oft verwendet. In einzelnen Fällen läßt sich für Brückenarbeiten mit Vorteil der sogenannte kombinierte Abdruck (nach Dolder 2) machen, wobei von der mit Kronen oder Brücken zu versehenen Kieferseite ein Abdruck mit Gips, von der andern Kieferseite gleichzeitig mit demselben Löffel ein Alginatabdruck genommen wird. In der konservierenden Zahnheilkunde findet das Material Verwendung zur Abdrucknahme für Paradentoseschienen, und in letzter Zeit wird auch auf dessen Brauchbarkeit für Kleinabdrücke von Gußfüllungskavitäten hingewiesen (Fischer 4, Moßdorf 8). In der Orthodontie wird der Gips neben dem Alginatstoff gebraucht. Gut eignen sich die Alginatwerkstoffe auch für Studienmodelle jeder Art sowie zur Herstellung von Duplikaten.

2. Allgemeine Eigenschaften eines Abdruckstoffs

Ein Abdruckmaterial muß im allgemeinen sehr verschiedenen Anforderungen genügen. Dolder (2) faßt dieselben wie folgt zusammen:

I. Physiologische Faktoren

1. Auf das lebende Gewebe (Mundschleimhaut, Zähne), mit dem es in Kontakt gebracht wird, soll das Material keinen biologisch schädlichen Einfluß ausüben hinsichtlich zeitlicher Liegedauer, Temperatur (max. 35 bis 45 Grad C), Druck, Zug, Wasseraustausch, chemische Reagentien, Adhäsion.
2. Bei den Sinnesorganen (Geruch, Geschmack, Tast- und Schmerzsinn) soll das Material während der gesamten Abdrucknahme weder unangenehme Sensationen hervorrufen, noch Reflexe auslösen (Speichelsekretion, Schluckbewegungen).
3. Zufällig verschlucktes Material soll im Verdauungstraktus keine Störungen verursachen.

II. Operationstechnische Faktoren

1. Die Aufbewahrung vor dem Gebrauch: das zur Abdrucknahme bestimmte Material soll über einen unbeschränkten Zeitraum gelagert werden können, ohne daß die Verwendungsart und die gleichmäßige Präzision der Resultate beim jeweiligen Gebrauch sich

ändern und ohne daß Bakterien- oder Pilzwachstum auf ihm möglich ist.

2. Die Vorbereitung des Materials zur Abdrucknahme: Sämtliche Utensilien sollen leicht transportierbar sein. Die Bereitstellung soll in kurzer Zeit mit einfachen Manipulationen und wenigen Geräten eine homogene, blasenfreie, plastische Masse ergeben, die sich gut am Abdruckgerät adaptiert.
3. Der Akt der Abdrucknahme:
 - a) Die Applikation in plastischem Zustand soll mit einfachen Manipulationen und einfachen Geräten möglich sein. Beim Abdrucknehmen im Unterkiefer muß das Material genügend Festigkeit besitzen, um nicht sofort vom umgekehrten Abdruckgerät herunterzufließen.
 - b) Die Erhärtung des Materials soll in kurzer Zeit (ca. 5 Minuten) ohne komplizierte zusätzliche äußere Maßnahmen und unabhängig von den Mundverhältnissen (Wärme, Feuchtigkeit) vor sich gehen.
 - c) Die Entfernung des erhärteten Abdruckes soll rasch in einem Stück (ohne Zerschneiden) und ohne Hängenbleiben von Resten im Munde, festhaftend am Abdruckgerät, mit einfachen Manipulationen (ohne Zuhilfenahme von zusätzlichen Instrumenten), ohne Verletzung der Schleimhaut, sowie ohne Lockerung oder Extraktion der Zähne erfolgen.
4. Sterilisierbarkeit: bei der Wiederverwendung eines Abdruckmaterials soll es möglich sein, das gebrauchte Material auf einfache Weise sterilisieren zu können, um eine Infektion des nächsten Patienten unbedingt auszuschließen.

III. Laboratoriumstechnische Faktoren

1. Herstellung des Modellpositivs:

- a) Der Abdruck soll ohne komplizierte Apparatur einige Zeit aufbewahrbar sein, ohne Veränderung der Form, des Volumens und der chemischen Zusammensetzung, sowie ohne Wachstum von Mikroorganismen oder Absonderung eines Bestandteils an der Oberfläche.
- b) Der Abdruck soll mit Gips, Hartgips, ev. auch mit Amalgam, Zement, Kunststoff oder Metall ausgießbar sein.
- c) Das Ausgießen des Abdruckes soll ohne eine das Original fälschende Isolationsschicht möglich sein.
- d) Abdruckmaterial und Ausgußmaterial sollen sich bei ihrer gegenseitigen Berührung nicht schädlich beeinflussen, z. B. durch Wasserabgabe oder -entzug, Abfärbung.
- e) Das Abdruckmaterial soll sich vom erstarrten Positivmodell

leicht und in kurzer Zeit ablösen lassen, ohne daß das Modell zerbrochen und dessen glatte Oberfläche verletzt wird oder Resten daran hängen bleiben. Ebenso soll sich das Material leicht von den Hilfsgeräten entfernen lassen.

2. Herstellung von Modellkopien: Es soll möglich sein, mit dem Abdruckmaterial auch Abdrücke von Modellen zu nehmen, um genaue Duplikate herstellen zu können.

3. Spezielle Eigenschaften der hydrokolloidalen Abdruckstoffe

a) Die Spezifikation Nr. 11 des National Bureau of Standards

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika besteht für die Prüfung zahnärztlicher Werkstoffe eine Prüfstelle, an welche die amerikanische Zahnärztesgesellschaft ständig eine Gruppe von Wissenschaftern abdelegiert. Dieses Dental Research Laboratory am National Bureau of Standards, der staatlichen Materialprüfanstalt in Washington, gibt genaue Vorschriften über Minimal- oder Maximalanforderungen, sowie über Untersuchungsmethoden verschiedener Materialien heraus, die sogenannten Specifications.

Mit der Untersuchung der hydrokolloidalen Abdruckstoffe auf Agar-Agar- oder Gelatinebasis befaßt sich die Spez. Nr. 11 aus dem Jahre 1940 (Paffenbarger 9). Eingangs werden allgemeine Anforderungen an diese Materialien gestellt, die auch von Dolder (2) im vorangegangenen Abschnitt genau präzisiert wurden. Folgende Eigenschaften werden einer näheren Prüfung unterzogen:

- Gelbildungstemperatur
- Druckelastizität
- bleibende Deformation nach Druckbeanspruchung
- Druckfestigkeit
- Formverhalten.

Für alle Untersuchungen werden sowohl Apparaturen als auch Untersuchungsmethoden eingehend beschrieben. In einem letzten Abschnitt sind die Anforderungen an Verpackungsart und -bezeichnung angefügt.

b) Begründung der von uns untersuchten Eigenschaften

Der Zweck der vorliegenden Arbeit ist, die heute in zunehmendem Maße verwendeten hydrokolloidalen Abdruckstoffe auf Alginat-Basis zu untersuchen, und zwar diejenigen Eigenschaften, die für den praktischen Gebrauch besonders wichtig sind; es sind dies:

- die Zugelastizität und Zugfestigkeit
- das Volumenverhalten
- das Formverhalten
- die Adhäsion am Abdrucklöffel.

Die Zugelastizität und Zugfestigkeit interessiert uns besonders beim Entfernen des erstarrten Abdrucks vom Kiefer; die Untersuchung des Volumenverhaltens soll uns Aufschluß geben über Volumenschwankungen des Abdruckmaterials beim Abbinden und speziell für eine eventuell notwendige Aufbewahrung des Abdruckes. Das Formverhalten soll dem Praktiker Auskunft geben, wieweit die im Munde des Patienten bestehenden anatomischen Kieferverhältnisse im Abdruck wiederzufinden sind. Präzise Arbeiten verlangen genaue Abdrücke; diese sind nur möglich mit zweckentsprechenden Abdruckgeräten, die dem Material gute Adhäsion bieten. Möglichkeiten zur Verbesserung der Adhäsion sollen in die Untersuchung einbezogen werden.

4. Der Abbindungsprozeß der hydrokolloidalen Abdruckstoffe

Ausgangsstoff ist die Alginsäure, welche aus Meeresalgen (Typ Laminaria) gewonnen wird; ihre Salze heißen Alginate. Die Entdeckung der Alginsäure geht in das Jahr 1883 zurück (Kirk, Othmer 6), als der englische Chemiker E. C. C. Stanford berichtete, daß nach der Behandlung von Seetang mit Natriumkarbonat eine gelatinöse Masse entstehe. Seither haben die Alginate auf allen Gebieten der Kolloidchemie große Bedeutung erlangt.

Hauptsächlich an der Westküste Amerikas kommen ausgedehnte Tangfelder vor. Die Gewinnung des Tangs erfolgt durch speziell gebaute Mähsschiffe, die denselben mit horizontalen Messern in einer Wassertiefe von 1 bis 1½ Metern schneiden. Ein Elevator bringt das Material an Bord. Die Aufbereitung ist technologisch ein sehr komplexer Prozeß, indem die im Tang vorhandene wasserunlösliche Alginsäure durch Behandlung mit Sodalösung in wasserlösliche Alginate übergeführt wird (Kirk, Othmer 6).

Vom chemisch-physikalischen Standpunkt aus lassen sich die hydrokolloidalen Abdruckstoffe in folgende zwei Gruppen einteilen:

- a) Agar-Agar-Stoffe, sind wiederholt verwendbar
- b) Alginat-Stoffe, sind nur einmal verwendbar.

Die Agar-Agar-Stoffe, z. B. Dentocoll, zeigen eine Kolloidbildung durch Nebenvalezen, wobei eine lockere Aneinanderlagerung von Kolloidpartikelchen stattfindet; das Kolloid geht bei Erwärmung vom Gel- in den Solzustand über, und umgekehrt bei Abkühlung. Im Gegensatz dazu reagiert die Alginsäure mit einer Hauptvalenzbildung, wobei eine irreversible, echte chemische Verbindung entsteht.

Es gibt wasserlösliche und wasserunlösliche Alginat (Bonsack 1). Natrium-, Kalium- und Ammoniumalginat sind wasserlöslich, während Kalzium-, Blei-, Baryum- und Quecksilberalginat nicht löslich sind. Die Möglichkeit, ein wasserlösliches Alginat in ein wasserunlösliches überzuführen, bildet die Grundlage zur Verwendung dieser Stoffe als Abdruckmaterialien.

Durch Zusatz von Ca-Ionen wird das wasserlösliche Natrium-Alginat in das unlösliche Kalzium-Alginat übergeführt. Da wir aber für die Anwendung der Abdruckstoffe eine gewisse Zeit benötigen vom Mischbeginn bis zum Abbinden (homogenes Anrühren, Füllen des Abdrucklöffels, Einführung des gefüllten Abdrucklöffels in den Mund des Patienten), so muß die zu rasch vor sich gehende chemische Reaktion etwas verzögert werden. Um dies zu erreichen, wird das Kalzium in Form eines schwerlöslichen Salzes (Ca-Sulfat) beigegeben. Außerdem tritt noch ein weiteres Salz, welches eine schwerlösliche Ca-Verbindung bilden kann, in Reaktion, welches die anfangs aus dem Ca-Sulfat frei werdenden Kalzium-Ionen abfangen kann, das heißt als Verzögerer (Retarder) funktioniert, z. B. Natrium-, Kalium- oder Ammoniumphosphat, Natrium-Oxalat oder Ammoniumcitrat.

Der ganze Abbindungsvorgang gestaltet sich wie folgt: Beim Mischen gehen Alginat und Retarder in Lösung. Letzterer fängt die aus dem Ca-Sulfat frei werdenden Kalzium-Ionen ab, was die chemische Reaktion verzögert. Erst wenn der Retarder aufgebraucht ist, kann das Kalzium auf das Natrium-Alginat einwirken und dieses in das unlösliche Ca-Alginat überführen. Somit kann je nach der Menge des beigegebenen Verzögerers der zeitliche Ablauf der Reaktion gesteuert werden. Der Retarder kann dem Pulver beigegeben sein oder kann als separate Lösung vorher zubereitet werden.

Als Füllkörper werden den Alginaten noch Schlemmkreide, Diatomeenerde und feine Tonsubstanzen beigegeben.

B. Eigene Untersuchungen

1. Verwendete Produkte und deren Zubereitung

In der vorliegenden Arbeit gelangten folgende in der Schweiz handelsübliche Produkte zur Untersuchung:

1. SUPER COE-LOID. Coe Laboratories, Inc.-Chicago, Illinois, USA.
2. DP, Dental Perfection Comp., Glendale, California, USA.
3. GETZ „Formula 51“. The William Getz Corp., Chicago 19, USA.
4. IMPREX. Espe. GmbH., Seefeld, Oberbayern, Deutschland.
5. IMPREX-SPEZIAL, von derselben Firma, speziell für Kronen-, Brücken- und Inlayarbeiten bestimmt.

6. SUPER-FLEX. Iteco Dental Manufacturing Comp., Portland, Oregon, USA.

7. ZELEX „New Process“, Gebr. De Trey, Zürich, Schweiz, unter Lizenz von The Amalgamated Dental Co., Ltd., London, England.

DP zeigt als einziges Produkt den Abbindevorgang mit Farbveränderung an. das trockene Pulver ist weißlich und wird beim Vermengen mit Wasser rot. das abgebundene Material zeigt elfenbeinweiße Farbe.

Verpackungsart und Gebrauchsanweisungen zu jeder Packung entsprechen bei allen Produkten den Forderungen in der Spezifikation Nr. 11 des Bureau of Standards der American Dental Association (Paffenbarger 9). Als Hilfsmittel zur Verarbeitung werden benötigt:

Mischnapf
Metallspatel
Wassermeßgefäß
Thermometer
Waage
Stoppuhr.

Zur Herstellung der Probekörper wurden die Vorschriften der Hersteller genau befolgt. insbesondere in Bezug auf Menge und Temperatur des Wassers und auf die Mischzeiten. Die Pulver sind in luft- und wasserdichten Beuteln oder Büchsen im Handel. Bei DP, Geß 51, Imprex, Imprex-Spezial und Zelex steht es dem Praktiker frei, Beutel zu benutzen oder die notwendige Menge Material aus Büchsen selbst zu bestimmen, während die andern Produkte nur portionsweise in Beuteln abgepackt erhältlich sind. Die Gewichtskontrollen des Inhaltes der Beutel zeigten innerhalb der einzelnen Produkte kleine Unterschiede. Um Zufallswerte bei den Untersuchungen zu vermeiden, wurden daher stets Kontrollversuche gemacht.

Die Abbindezeit kann verkürzt, resp. verlängert werden durch Verwendung von warmem, resp. kälterem Wasser. Es wurde jedoch immer die vom Hersteller empfohlene Optimaltemperatur verwendet.

Die Mischung erfolgte stets in sauberem abgekühlten Napf. Während 15 Sekunden wurde das Pulver sorgfältig und verlustfrei ins Wasser gerührt. hernach wurde die Masse je nach Vorschrift der Produzenten 45 bis 75 Sekunden kräftig durchgespatelt, bis ein homogener Brei zustande kam. Die so präparierte Masse gelangte sofort in die Metallform zur Herstellung der Versuchskörper.

2. Prüfung physikalischer Eigenschaften

a) Zugelastizität und Zugfestigkeit

Verfügt das Abdruckmaterial nach der Abbindung über eine ausreichende Elastizität und Festigkeit, so daß durch die mechanische Bean-

spruchung beim Herausnehmen aus dem Munde und beim Ausgießen des Modells weder bleibende Verformung noch ein Abbrechen einzelner Partien des erhärteten Abdruckes eintreten? (Dolder 2).

Dem Entfernen des erstarrten Abdruckes vom Kiefer können verschiedene Widerstände entgegentreten. Einmal halten der luftverdünnte Raum, die Adhäsion und die Klebekraft des Speichels den Abdruck an der Schleimhaut und den Zähnen fest. Außerdem stellen bauchige Zahnkronen, kolbige Alveolarfortsätze, kleine Zahnlücken und gekippte Zähne ein zusätzliches Hindernis dar, sodaß das Abdruckmaterial beim Abziehen vom Kiefer sowohl auf Druck als auch auf Zug beansprucht wird.

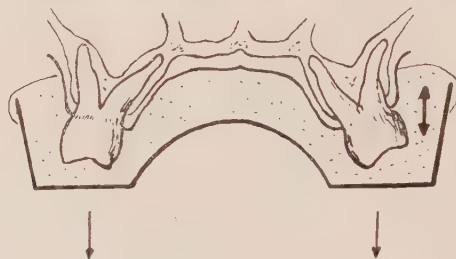


Abb. 1

Zugbeanspruchung des erstarrten Abdruckmaterials beim Entfernen des Abdruckes vom Kiefer

In solchen Fällen muß ein Gipsabdruck im Munde gebrochen und in einzelnen Stücken entfernt werden. Besondere Vorsichtsmaßnahmen sind auch gegenüber schon vorhandenen zahnärztlichen Ersatzarbeiten im Gebiß notwendig, speziell bei Brücken, um deren Ablösung von den Pfeilern zu vermeiden. In solchen Fällen erleichtert uns ein elastisches Abdruckmaterial die Arbeit außerordentlich. Doch ist es notwendig zu wissen, wie groß diese Elastizität ist und welche bleibende Deformation nach der Beanspruchung zurückbleibt.

Das Bureau of Standards hat in seiner Specification Nr. 11 nur Vorschriften für die Druckbeanspruchung erlassen. Aus der Überzeugung, daß die Zugbeanspruchung des Materials beim Abziehen des Abdruckes vom Kiefer aber von ebenso großer Bedeutung ist, wurden folgende Punkte einer Prüfung unterzogen:

- a) Zugelastizität
- b) bleibende Deformation nach Zugbeanspruchung
- c) Elastizitätskurve
- d) Zugfestigkeit (Reißgrenze).

Es wurde dafür folgende Versuchsanordnung getroffen (Abb. 2). Das Testobjekt besteht aus einem Mittelstück (b), welches der Zugbeanspruchung unterliegt; Länge 5 cm, Querschnitt 6 cm². Zur Retention dienen

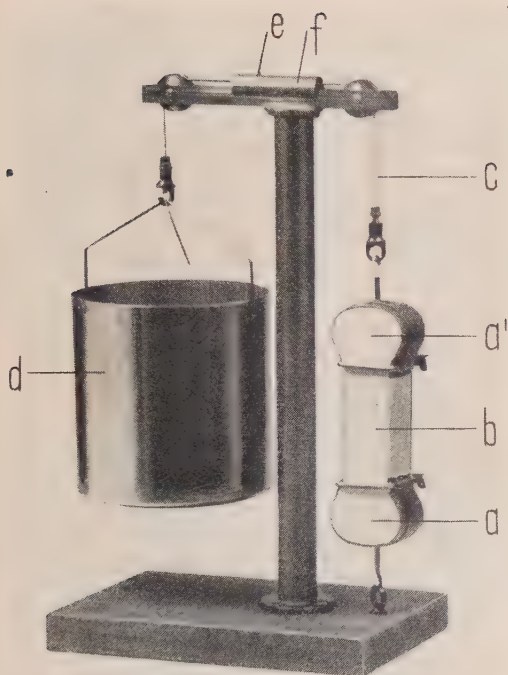


Abb. 2

Versuchsanordnung zur Prüfung der Zugelastizität und Zugfestigkeit der hydrokolloidalen Abdruckstoffe

zweischwالبenschwanzförmige Endstücke (a und a'), die durch Metallbänder mit Seitenstreben festgehalten werden, um ein Herausgleiten zu verhindern. Zusätzlich wurden die Metallbänder auf der Innenseite noch mit Heftpflaster überklebt (vgl. Abschnitt über Adhäsion). Der Prüfkörper wird an zwei Haken in den Apparat eingesetzt. Vom oberen Haken führt eine Darmsaite (c) über zwei Rollen zu einem Gefäß (d), welches die verlangten Gewichte aufnehmen kann. Ein an der Saite befestigter Zeiger (e) gestattet die Ablesung der Verlängerung des Testobjektes unter Zugbeanspruchung an der verstellbaren Skala (f). Die Saite wurde hinsichtlich ihrer eigenen geringen Verlängerung unter Zugbelastung geeicht.

Bevor die Proben zur Untersuchung gelangen, wurden sie je 30 Minuten in der Form belassen und im Hygrophor aufbewahrt. Der Versuch wurde folgendermaßen durchgeführt:

- Zugelastizität:** Zuerst wurde ein Zug von 25 g/cm^2 , hernach ein solcher von 250 g/cm^2 während je einer Minute am Probekörper ausgeübt. Die Differenz der beiden Messungen ergab das Maß für die Zugelastizität.
- Bleibende Deformation:** Nach den beiden oben genannten Belastungen wurde der Probekörper während einer Minute in vollständiger Ruhe gehalten. Daraufhin erfolgte wiederum ein Zug von 25 g/cm^2 während einer Minute, um die bleibende Deformation gegenüber der ersten Belastung zu ermitteln.
- Hernach** wurde der Prüfkörper zur Aufstellung der Elastizitätskurve einem successive zunehmendem Zug von 33 g/cm^2 pro Minute unterworfen bis zum Reiß desselben, um damit

d) die Reißgrenze, respektive die Zugfestigkeit zu ermitteln.

Die Belastungen während je einer Minute verstehen sich inklusive dem Anlegen der Gewichte. Das Auflegen erfolgte jeweils in den ersten 10 Sekunden, die Ablesung 30 Sekunden später. Die Resultate sind auf Tabelle I zusammengefaßt:

Tab. I. Zugbeanspruchung von hydrokolloidalen Abdruckstoffen

	Zugelastizität (‰)	Bleib. Deform. (‰)	Zugfestigkeit (g/cm ²)
Coe-Loid	5,9	0,7	500
DP	3,0	1,1	1410
Getz 51	7,4	1,1	625
Imprex	3,9	0,8	835
Imprex-Spezial	4,4	0,6	1075
Super-Flex	5,9	1,0	885
Zelex N.P.	4,4	0,9	925
Durchschnitt	4,9	0,86	895

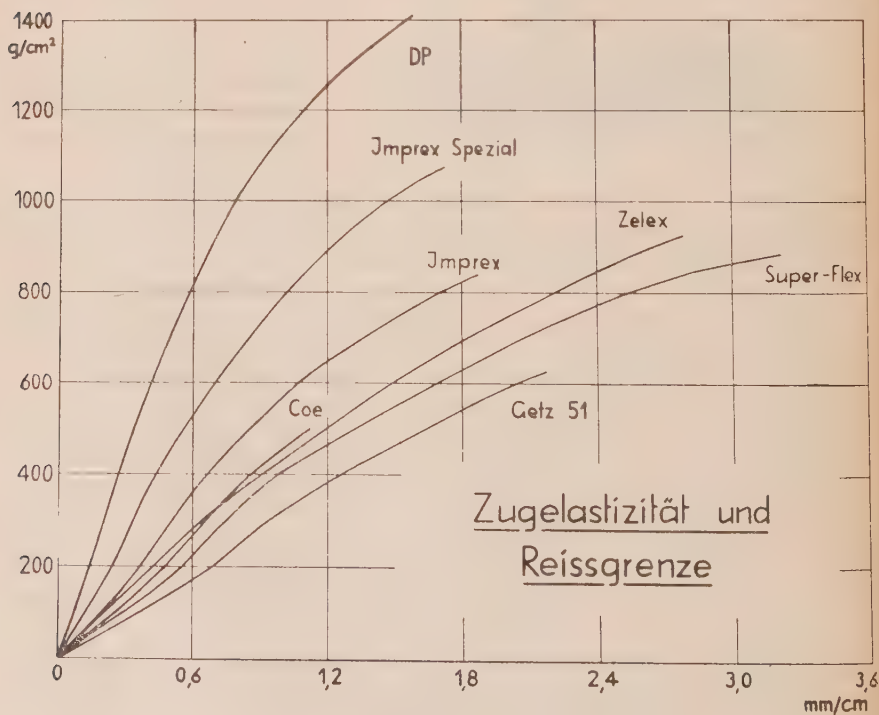


Abb. 3

Die Elastizitätskurven sind vergleichsweise in Abb. 3 dargestellt. Sämtliche Resultate stellen Mittelwerte aus je drei Meßreihen dar.

Die bleibende Deformation ist bei DP und Getz 51 verhältnismäßig hoch. Die Zugfestigkeitswerte sind bei DP, Imprex-Spezial und Zelex am höchsten, Coe-Loid neigt sehr zu Reißbildung, was sich auch bei den Versuchen betr. Formbeständigkeit ebenfalls feststellen ließ; deshalb der tiefste Zugfestigkeitswert. Die Kurven auf Abb. 3 zeigen deutlich die große Elastizität bei Getz 51, Super-Flex und Zelex, während für entsprechende Dehnungen bei DP und Imprex-(Spezial) größere Zugwirkungen notwendig waren.

b) Volumenverhalten

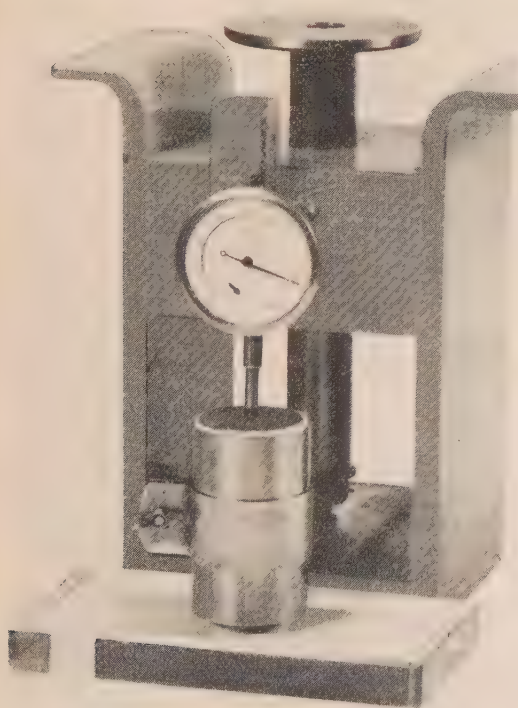


Abb. 4

Versuchsanordnung für die Messung des Volumenverhaltens von hydrokolloidalen Abdruckstoffen

In diesem Abschnitt wurde das Volumenverhalten der Alginatabdruckstoffe beim Abbinden sowie beim Aufbewahren des erhärteten Abdruckmaterials untersucht. Den verschiedenen Aufbewahrungsmöglichkeiten wurde vermehrte Aufmerksamkeit eingeräumt, da die effektiven Gegebenheiten der Praxis hier eine wichtige Rolle spielen.

Um bei diesen Untersuchungen brauchbare Resultate zu erhalten, mußte eine Apparatur zur Verfügung stehen, die dem Material eine allfällige Volumenänderung (Expansion resp. Kontraktion) ohne Behinderung erlaubt (Abb. 4). Zur Aufnahme der plastischen Abdruckstoffe diente eine aus zwei Längshälften zusammengesetzte Metallzylinderform, die durch eine Spange zusammengehalten wurde; (Höhe 7 cm.

Durchmesser 4 cm). Diese Form ruhte auf einer geschliffenen Glasplatte, welche ihrerseits auf einer horizontal eingestellten Grundplatte auflag. Auf derselben Grundplatte stand ein schwerer Metallsockel, an welchem eine Meßuhr fest montiert war (Ablesungsgenauigkeit 0,005 mm). Mittels dieser Einrichtung wurden die Volumenänderungen des in den Zylinder abgefüllten Abdruckstoffs auf die obere Deckfläche abgeleitet, auf welche eine Metall- oder Glasscheibe von 3 cm Durchmesser und 1,5 mm Dicke gelegt wurde. Im Zentrum dieser Scheibe wurde der Registrierstift der Meßuhr abgestützt. Das neben der Scheibe noch freiliegende Abdruckmaterial wurde mit Wasser überschichtet. Um stets Versuchskörper von gleicher Länge zu erhalten, wurde die Scheibe in das noch plastische Material eingelegt. Um ihr Einsinken zu verhindern, wurde sie an einer abnehmbaren Dreifuß-Halteeinrichtung aufgehängt, deren Enden auf der Metallform auflagern (Abb. 5).

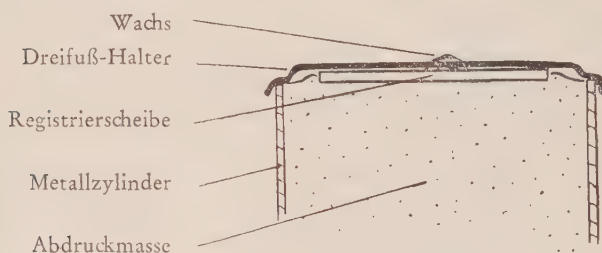


Abb. 5

Anbringung der Registrierscheibe auf den Versuchsproben für Volumenmessungen der hydrokolloidalen Abdruckstoffe

Bei den ersten Anzeichen des Abbindebeginnes (durchschnittlich $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Minuten nach Mischungsbeginn) wurde die Einrichtung entfernt; die Messungen begannen von diesem Moment an. Der Beginn des Abbindens wurde ermittelt, nachdem ein in das Alginat eingedrückter Draht von 0,8 mm Durchmesser ohne Haftenbleiben von Material wieder herausgezogen werden konnte. Die Scheibe war um ihre Dicke von Abdruckstoff umgeben und somit für den ganzen Versuch unverrückbar festgehalten.

Ilg (5) lehnte die Registrierung der Volumenschwankungen mit einer mechanischen Meßapparatur ab und machte seine eigenen Messungen mit einer optischen Methode, an einem allerdings wesentlich kleineren Probekörper.

Der hier verwendeten Versuchsanordnung haften zwei Nachteile an:

Das Gewicht der auf dem Abdruckstoff aufliegenden Meßscheibe und der Federdruck des Registrierstiftes. Obschon es sich nur um einen gesamthaft sehr geringen Gegendruck (15 g) handelt, kann er eventuell

die Volumenschwankungen des Abdruckstoffes doch etwas beeinflussen. Als Gegenargument können jedoch die praktischen Verhältnisse bei der Abdrucknahme betrachtet werden, wo der Abdruckstoff einerseits durch die starren Löffelwände und andererseits durch den das Abdruckgerät haltenden Handdruck ebenfalls beeinflusst resp. gehemmt wird.

Die Ergebnisse der Volumenschwankungen sind in den Abb. 6 bis 12 festgehalten. Sie zeigen innerhalb der ersten 10 Minuten nach Abbindebeginn eine lineare Erstarrungskontraktion von 0.05% minimal (DP) bis 0.15% maximal (Super-Flex). Auf eine Distanz von 5 cm, wie sie die Breite eines Kiefers darstellt, beträgt diese Längenänderung nur knapp $\frac{1}{10}$ mm, was für die Praxis eine hinreichende Genauigkeit des Abdruckes bedeutet.

Die nachfolgenden Messungen dienten vor allem dazu, einen Überblick über die Aufbewahrungsmöglichkeiten zu erhalten, falls der Abdruck nicht sofort ausgegossen wird. Dabei wurden vor allem diejenigen Möglichkeiten untersucht, die von den Fabrikanten als geeignet angegeben wurden: Hygrophor, nasses Tuch, Wasser. Auf der Abszisse wurde die Aufbewahrungszeit aufgetragen, auf der Ordinate die lineare Kontraktion, resp. Expansion in Prozenten.

- a) Das Einlegen in Wasser hat bei allen Stoffen Wasseraufnahme und Expansion zur Folge, welche nachher zum Teil zurückgehen können. Für Imprex scheint dies die beste Aufbewahrungsmöglichkeit zu sein, während Coe-Loid, Super-Flex und Zelex nicht ins Wasser gelegt werden dürfen, da sich das Material darin auflöst.
- b) Im Hygrophor bleibt das Volumen bei allen Produkten bis zu einem Tag recht beständig. Nach dieser Zeit aber ist überall eine Kontraktion festzustellen. Das anfänglich günstige Verhalten im Hygrophor soll also nicht dazu verleiten, einen Abdruck länger als 24 Stunden in demselben liegen zu lassen!
- c) Das Einlegen des Abdruckes in ein nasses Tuch zeitigt für die ersten 12 Stunden brauchbare Resultate, speziell für Coe-Loid, DP und Zelex. Nach mehr als 24 Stunden sind aber bei allen Alginaten mit Ausnahme von Zelex zum Teil erhebliche Volumenschwankungen zu beobachten.
- d) Die Aufbewahrung des Abdruckes an der Luft hat stets eine starke Schrumpfung zur Folge. Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen die Warnung der Hersteller vor dieser Aufbewahrungsart. Selbst das Einlegen in Wasser nach 2 Stunden Luftaufbewahrung macht die Schrumpfung nicht mehr wett.

Obwohl die dem Zelex beigegebene Alaunlösung zur Fixierung der Abdruckoberfläche nur kurzfristig (1 Minute) verwendet werden soll, wurde zusätzlich noch ein Versuch unternommen, die Proben in dieser

Lösung liegen zu lassen, und es ergab sich das positive Resultat, daß die Volumenschwankungen sehr gering blieben. Jedoch verlor das Material dabei an Elastizität und wurde härter.

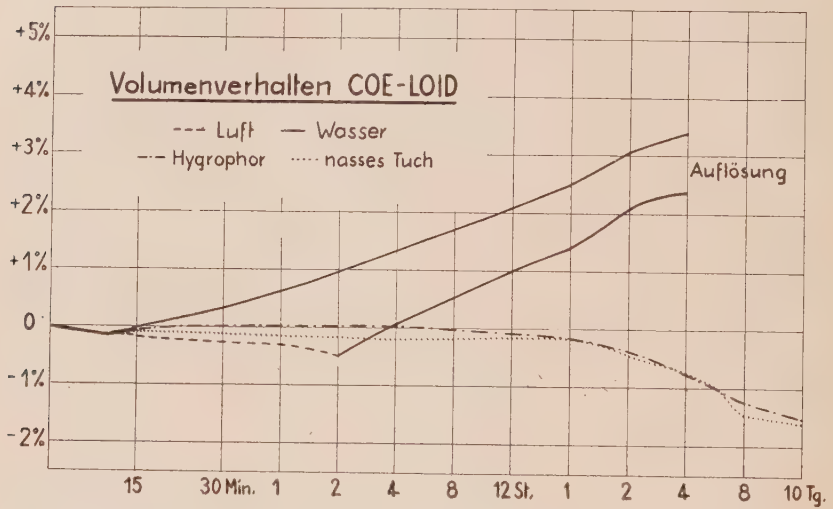


Abb. 6

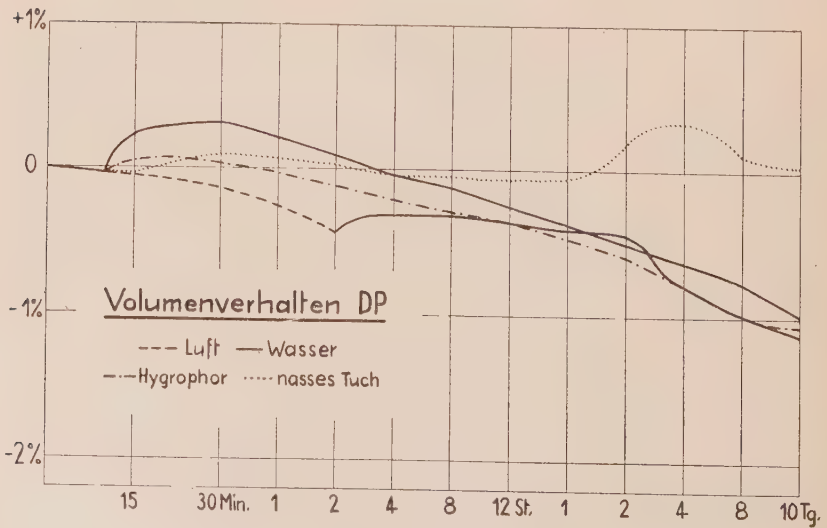


Abb. 7

Um einen genauen Abdruck zu erhalten, soll

a) dieser nach der Herausnahme aus dem Munde sofort ausgegossen werden oder

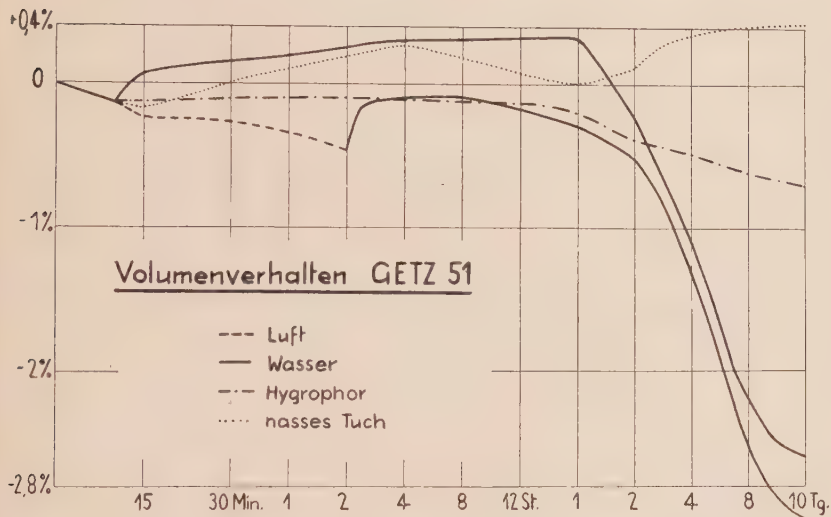


Abb. 8

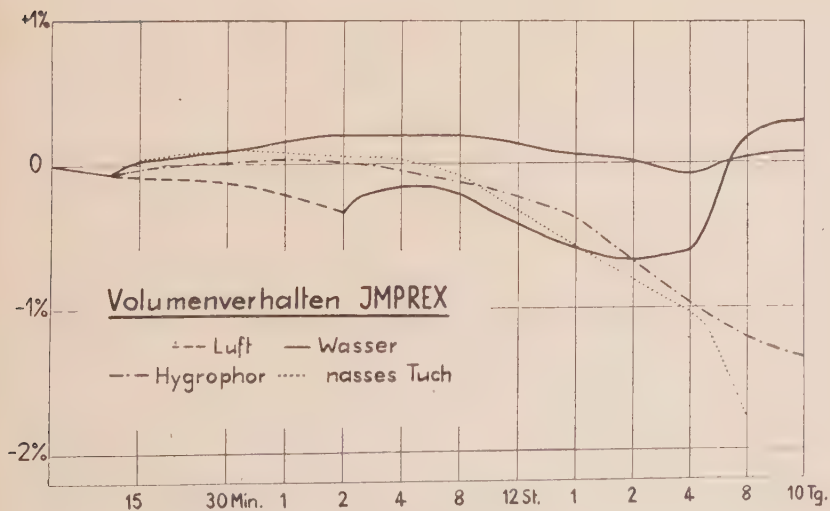


Abb. 9

b) falls dies nicht möglich ist, soll dieser im Hygrophor (für maximal 24 Stunden) oder im nassen Tuch (maximal 12 Stunden) aufbewahrt werden.

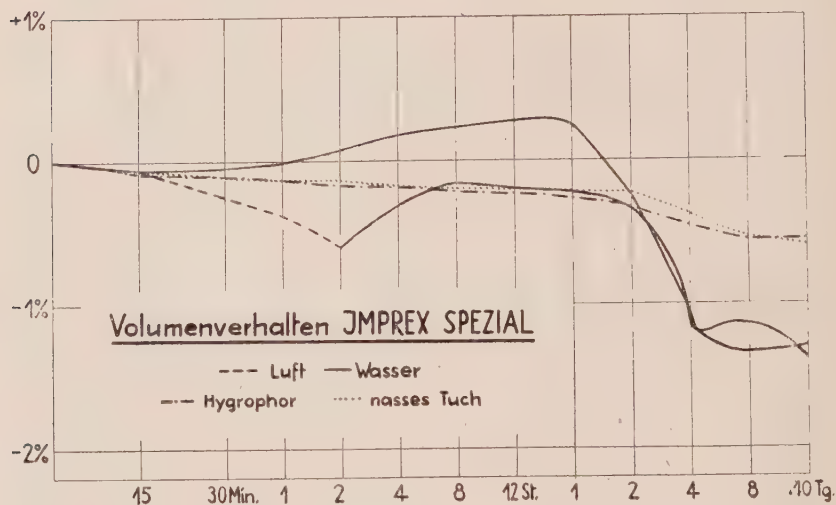


Abb. 10

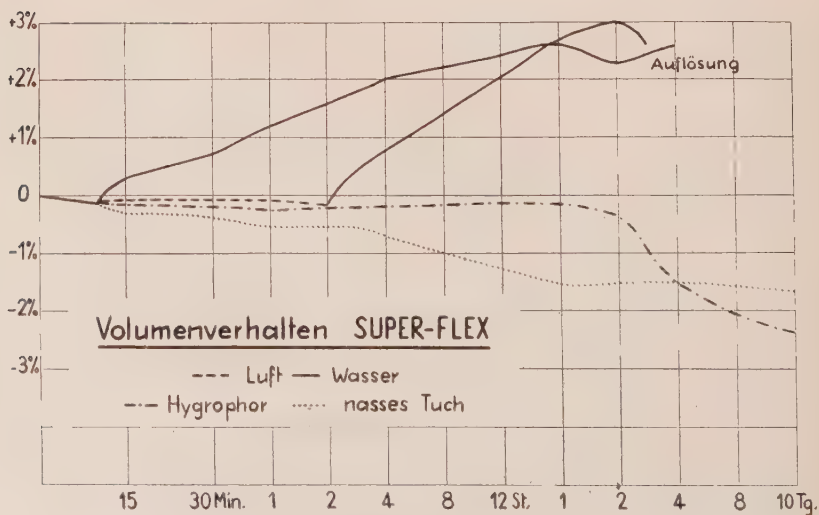


Abb. 11

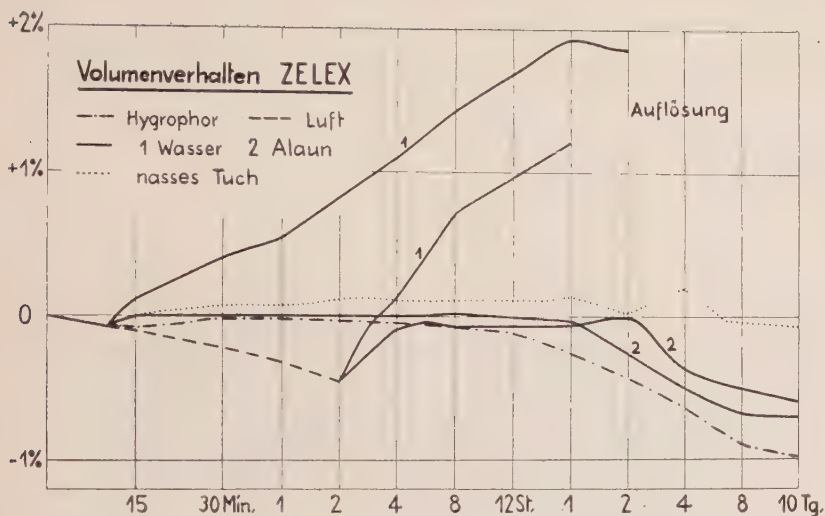


Abb. 12

c) Formverhalten

Mit welcher Genauigkeit vermag ein Abdruckmaterial — bei richtiger Anwendung der zweckentsprechenden Abdruckmethode — die Form des bezahnten oder unbezahnten Kiefers und der ihm benachbarten Gebiete wiederzugeben? (Dolder 2).

Wenn in den beiden vorangegangenen Abschnitten die Schwankungen des Volumens und die elastischen Eigenschaften der Alginatabdruckstoffe in getrennten Untersuchungen am isolierten Testobjekt festgestellt wurden, so gilt es jetzt zu prüfen, wie sich diese volumetrischen und elastischen Qualitäten gleichzeitig an der endgültigen Form des Abdrucks auswirken bei der praktischen Abdrucknahme am Kiefer des Patienten. Es interessiert uns, ob die Form jedes einzelnen Zahnes genau wiedergegeben wird und ob auch die räumlichen Beziehungen zwischen den vorhandenen Zähnen und Kieferpartien den wirklichen Verhältnissen im Munde entsprechen. Es ist von großer praktischer Wichtigkeit, besonders für die Herstellung der partiellen Prothese, gute und zuverlässige Abdrücke zu gewinnen.

Bei den folgenden Versuchen kann sich das Abdruckmaterial nicht mehr frei nach allen Seiten bewegen. Die elastische Beanspruchung, die Wirkung des luftverdünnten Raumes beim Abziehen vom Testmodell, sowie die volumenändernden Einflüsse bei der Erstarrung und bei den Temperaturveränderungen treten jetzt gleichzeitig auf. Es ist daher zu erwarten, daß sich die in den vorher beschriebenen Versuchen regi-

strierten Auswirkungen zum Teil überdecken und deshalb ein neues Resultat ergeben, welches aber für die Praxis maßgebend sein wird.

Die Spezifikation Nr. 11 der ADA schreibt für die Untersuchung des Formverhaltens hydrokolloidaler Abdruckstoffe ein besonderes Testmodell aus Metall vor (Abb. 13).

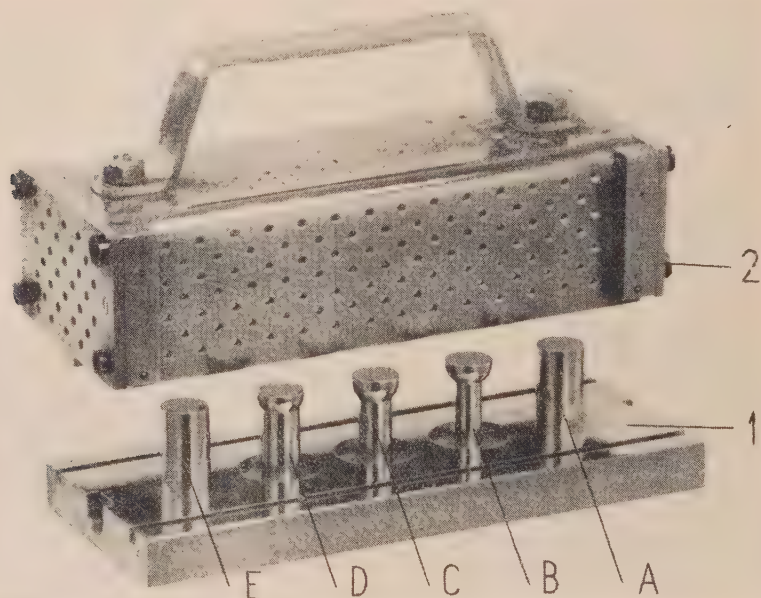


Abb. 13
Testmodell zur Messung des Formverhaltens von
hydrokolloidalen Abdruckstoffen

Auf einer Grundplatte (1) stehen mit Zwischenräumen von je 9 mm fünf senkrecht montierte, unter sich parallele Zapfen. Die äußern beiden Zapfen A und E sind zylinderförmig, 13 mm hoch und 8 mm im Durchmesser. Die drei innern Zapfen (B, C und D) haben einen zylindrischen Stielteil von 6,5 mm (D), 5,5 mm (C) und 4,5 mm (B) Durchmesser, der oben in einen umgekehrt konischen Kopfteil übergeht, dessen größter Durchmesser 8 mm beträgt. Diese drei Pfosten stellen eine abgestufte Reihe von Unterschnitten dar, wie sie im Munde vorkommen können. Eine sehr starke Beanspruchung der Elastizität wird der Pfosten B bewirken, beträgt doch die Differenz der Durchmesser von Kopfteil und Stiel 3,5 mm.

Der perforierte Löffel (2) dient zur Aufnahme und Retention des Abdruckmaterials. Zwei an der Grundplatte angebrachte Führungen sorgen dafür, daß der Löffel stets im gleichen Abstand zum Testmodell verharret.

Zuerst wurden nach Vorschrift der Spezifikation Pfosten und Grundfläche mit einer Schicht Material überdeckt, hernach brachte man den mit Abdruckstoff gefüllten Löffel so auf das Modell, daß derselbe durch die Führungen sicher und fest in derselben Stellung gehalten wurde. Nach der Erstarrung des Alginates wurde der Löffel rasch und in einem Zug vom Testmodell entfernt, parallel zur Richtung der senkrechten Zapfenanteile. Der erstarrte Abdruck mußte fest im Löffel haften bleiben. Lediglich für das Coe-Loid mußten dessen Innenwandungen wegen der geringen Zugfestigkeit zusätzlich mit Heftpflaster belegt werden, für die übrigen Materialien genügten die Perforationen im Löffel zur Festhaltung.

Unmittelbar darauf wurden die Abdrücke mit Gips ausgegossen. Um den Gips blasenfrei und dicht einzufüllen, wurde ein Vibrator benützt. Zur Herstellung der Modelle soll allgemein ein Gips verwendet werden, dessen Erhärtungsexpansion zwischen 0,05 und 0,20% liegt. Nach Dubs (3) weist gewöhnlicher Gips (Gewichtsverhältnis 100 : 60) eine Ausdehnung von 0,32% auf. Es wurde daher bei unsern Untersuchungen der Hartgips „Caléstone“ (The Amalgamated Dental Co. Ltd.) verwendet, der eine Expansion von nur 0,10% aufweist bei einem Mischungsverhältnis von 100 Gips zu 30 Wasser und bei 24stündiger Lagerung nach dem Abbinden. Der Modellsockel soll mindestens 1 cm dick sein, um eine Verziehung der Basis und damit der Pfosten zu vermeiden.

Sobald der Gips (nach 35 Minuten) erhärtet war, wurde zuerst der Löffel entfernt, indem man die seitlichen Schrauben löste und seine einzelnen Teile wegnahm. Darauf wurde das Abdruckmaterial sorgfältig mit einem Messer vom Modell weggeschnitten. Mit einer Schiebelehre wurden nach 24 Stunden die vorgeschriebenen Distanzen am Gipsmodell gemessen und mit den Dimensionen des Testmodells verglichen. Es sind dies:

1. Die Entfernung der Pfosten A—E, gemessen an den äußern Zylinderseiten
2. Der Durchmesser des Stielteils des Pfostens B.

Bei den Veränderungen der Distanz A E waren mehr die rein volumetrischen Einflüsse bemerkbar, während die Veränderung des Durchmessers B auch noch durch die starke elastische Beanspruchung mitbedingt war. Aus je 6 Messungen ergaben sich folgende Durchschnittswerte, wobei die Expansion des Hartgipses (0,10%) bereits abgezogen wurde:

**Tab. II. Formverhalten von hydrokolloidalen
Abdruckstoffen nach sofortigem Ausgießen des
Abdrucks**

Erlaubte Maximalabweichungen	Distanz A—E	Durchmesser B
	$\pm 0,15\%$	$+ 2,5(\pm 0,5)\%$
Coe-Loid	$+ 0,13\%$	$+ 2,45\%$
DP	$+ 0,08\%$	$+ 3,34\%$
Getz 51	$+ 0,10\%$	$+ 2,57\%$
Imprex	$+ 0,09\%$	$+ 3,34\%$
Imprex-Spezial	$+ 0,12\%$	$+ 5,10\%$
Super-Flex	$+ 0,14\%$	$+ 2,89\%$
Zelex N.P.	$+ 0,11\%$	$+ 2,67\%$
Durchschnitt	$+ 0,11\%$	$+ 3,2\%$

Während in Bezug auf die Distanz A—E alle Materialien den aufgestellten Anforderungen entsprechen, zum Teil sogar wesentlich unter der erlaubten Maximalabweichung liegen (DP und Imprex), zeigen sich beim Vergleich der Durchmesser des Pfostens B erhebliche Unterschiede. Coe-Loid, Getz 51, Super-Flex und Zelex bleiben unter den aufgestellten Maximalwerten, während DP und Imprex dieselben leicht, Imprex-Spezial sogar stark überschreiten. Das dichtere Gefüge und die geringere Elastizität bei den letzten Produkten dürften für die stärkere Formabweichung verantwortlich sein.

Im Anschluß an die Versuche über Formstabilität wurden noch zwei Probleme, die in der täglichen Praxis von besonderer Wichtigkeit sind, mituntersucht.

- a) Hat die Geschwindigkeit des Abziehens des Abdrucks vom Kiefer einen Einfluß auf dessen Formgenauigkeit?

Unsere Beobachtungen ergeben, daß bei langsamem, zaghaftem Abziehen des Abdrucks die Abweichungen betreffend die Distanz A—E innerhalb der Norm bleiben, der Stielteil des Zapfens B jedoch oft gerissen oder verbogen, in allen Fällen unregelmäßig und unmeßbar war. Es muß deshalb speziell darauf hingewiesen werden, den Abdruck nicht zögernd und langsam abzulösen, sondern rasch, ruckartig in einem Zug.

- b) Hat die Abdrucklagerung während einer Stunde an der Luft bei 19 Grad C einen formverändernden Einfluß?

Entsprechend den Erfahrungen im Abschnitt b) dieser Arbeit müssen wir eine Schrumpfung des Abdruckmaterials erwarten. Tab. III zeigt recht deutlich, daß in dieser kurzen Zeit bereits starke Veränderungen eingetreten sind; denn in allen Fällen werden die erlaubten Maximalabweichungen bei weitem überschritten.

Tab. III. Formverhalten der hydrokolloidalen Abdruckstoffe bei Ausgießen des Abdrucks nach einstündiger Aufbewahrung an der Luft

Erlaubte Maximalabweichungen	Distanz A—E	Durchmesser B
	$\pm 0,15\%$	$+ 2,5(\pm 0,5)\%$
Coe-Loid	$+ 0,43\%$	$+ 5,56\%$
DP	$+ 0,43\%$	$+ 7,57\%$
Geß 51	$+ 0,33\%$	$+ 3,11\%$
Imprex	$+ 0,48\%$	$+ 4,00\%$
Imprex-Spezial	$+ 0,40\%$	$+ 8,90\%$
Super-Flex	$+ 0,31\%$	$+ 5,10\%$
Zelex N.P.	$+ 0,43\%$	$+ 5,79\%$

c) Welchen formverändernden Einfluß hat die 24stündige Lagerung des Abdrucks an der Luft zur Folge?

Eindrücklicher als Messungen, die bereits nicht mehr eindeutig durchführbar waren, zeigt Abb. 14 die starken Deformationen infolge der eingesetzten Schrumpfung. Folgende Veränderungen sind festzustellen:

- Retraktion des Materials vom Löffel allseits,
- Einwölbung der Grundfläche in Quer- und Längsrichtung,

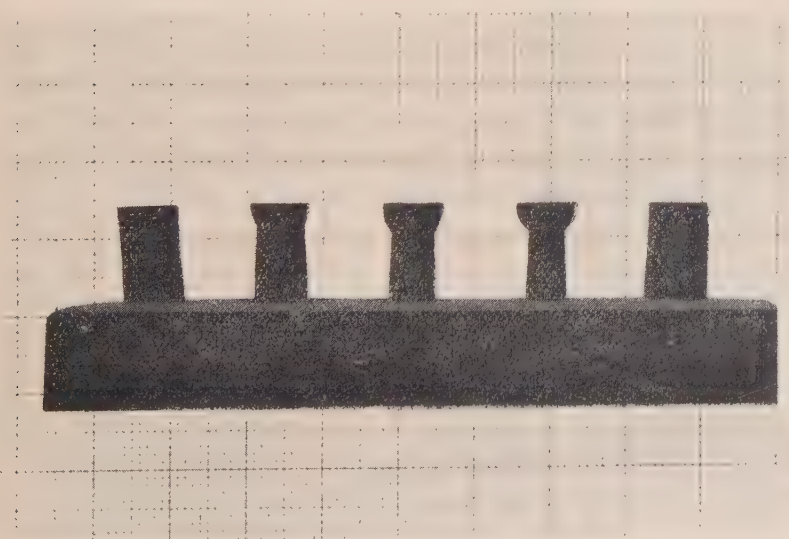


Abb. 14

Formändernder Einfluß auf hydrokolloidale Abdruckstoffe nach 24stündiger Aufbewahrung an der Luft

— Periphere Auswirkung der Verdunstung: im Innern der Abdruckmasse, aus der das Wasser weniger rasch verdunstet, beobachten wir eine geringere Zusammenziehung als an der Oberfläche, was recht deutlich an den nun schief gestellten Pfosten A und E und am Weiterwerden der Stielteile der drei innern Pfosten gegen die Grundfläche hin zu ersehen ist.

d) Adhäsion

Verfügt das Abdruckmaterial über genügend Adhäsionskraft, oder welche zusätzlichen Maßnahmen sind notwendig, damit dasselbe beim Herausnehmen aus dem Munde am Löffel festhaftet? (Dolder 2).

Der erhärtete Gipsabdruck vom partiell oder total bezahnten Gebiß muß in der Regel derart aus dem Munde entfernt werden, indem man zuerst den Löffel allein abhebt, darauf den Gips im Munde bricht, ihn stückweise entfernt und wiederum im Löffel zusammensetzt.

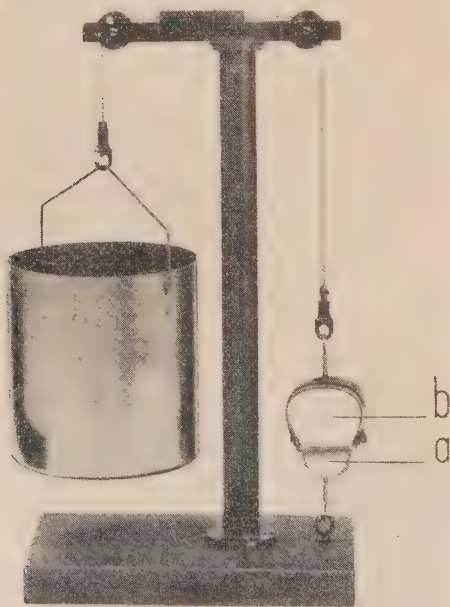


Abb. 15

Versuchsanordnung zur Adhäsionsmessung von hydrokolloidalen Abdruckstoffen am Abdruckgerät

Dank der elastischen Eigenschaften der hydrokolloidalen Abdruckstoffe dient diesen der Löffel sowohl zum Einführen in plastischem Zustand in den Mund als auch zum Entfernen in erstarrtem Zustande. Der Abdruck muß also bei diesen Abdruckstoffen ohne Verletzung und in einem Stück, am Löffel eindeutig festhaftend, entfernt werden können. Ein zerrissener Abdruck ist bestimmt deformiert, ein vom Löffel auch nur teilweise losgelöster Abdruck kann nicht mehr eindeutig reponiert werden. In solchen Fällen ist eine Wiederholung des Abdruckes angezeigt.

Es ist also von großer praktischer Bedeutung, daß das Material am Abdruckgerät festhaftet, speziell beim Vorhandensein

zahlreicher unter sich gehender Partien im Gebiß. In solchen Fällen muß der Abdruck oft unter erheblicher Kraftanwendung entfernt werden (vgl. Abb. 1), und es gilt in diesem Abschnitt zu untersuchen, welche Hilfsmittel vorteilhaft angewendet werden, um einen auch in dieser Beziehung einwandfreien Abdruck zu bekommen.

Dieselbe Apparatur, die für die Prüfung der Zugelastizität Verwendung fand, diente für die Adhäsionsversuche (Abb. 15). Der Abdruckstoff wurde einerseits durch ein schwalbenschwanzförmiges Retentionsstück (b) gehalten, anderseits haftete er am metallenen Abdrucklöffelteil (a), der eine Fläche von 8 cm^2 aufweist. Dieses Probestück wurde einem successiven zunehmendem Zug von 25 g/cm^2 pro Minute unterworfen, bis sich das Material vom Löffel ablöste. Die Proben gelangten entsprechend den Abdruckverhältnissen am Patienten 8 Minuten nach Beginn der Mischung zur Prüfung.

Da die Adhäsion an der glatten Metalloberfläche ungenügend war, wurden folgende Hilfsmittel auf ihre Eignung hin untersucht:

- a) Die Innenfläche des Löffels wurde zuerst mit erhitztem, flüssigem Klebwachs (Koelliker) ausgestrichen und dann sofort das plastische Abdruckmaterial darauf gebracht.
- b) Die Löffelinnenfläche wurde mit Heftpflaster (Isoelast) belegt, wobei dessen Klebeschicht dem Löffel auflag und das Abdruckmaterial seine Adhäsion am Gewebe fand.
- c) Perforierter Löffel (sogenannter Dentocoll-Löffel); das Material drang durch die Löcher des Löffels und hielt nach seiner Erstarrung den Abdruckstoff derart am Löffel fest.

Die Resultate der drei verschiedenen Fixationsmethoden werden auf Tab. IV zusammengestellt:

Tab. IV. Adhäsion am Löffel bei verschiedenen Fixationsmethoden; Zahlen = g/cm^2

	a) Klebwachs	b) Isoelast	c) Durchlochung
Coe-Loid	400	470	225
DP	350	495	485
Getz 51	300	385	200
Imprex	120	450	200
Imprex-Spezial	685	445	475
Super-Flex	175	470	125
Zelex N.P.	300	425	240

Allgemein ist festzustellen, daß die Adhäsion am Heftpflaster größer ist als am Klebwachs oder am perforierten Löffel. Klebwachs ist für Imprex und Super-Flex, der perforierte Löffel für das Super-Flex ungenügend. Die etwas festeren Stoffe zeigen etwas verschiedene Verhältnisse: dem DP bietet der durchlochte Löffel praktisch die gleiche Adhäsion wie das Heftpflaster, während für Imprex-Spezial das Klebwachs

die beste Adhäsionsmöglichkeit darstellt; jedoch sind für letzteres sowohl das Heftpflaster als auch der perforierte Löffel noch genügend adhäsiv. Die Perforationen des Abdrucklöffels als Hilfsmittel können verschieden ausgenützt werden: man kann das Material mit dem Spatel durch die Löcher drücken, sodaß es auf der Außenfläche des Löffels wieder zusammenfließt, oder man kann den Löffel dem Abdruckstoff nur auflegen, sodaß bloß kleine Zäpfchen des Alginatstoffes die Poren füllen, die natürlich weniger fixierend wirken. Die angegebenen Daten unter Kolonne c der Tab. IV berücksichtigen diese Verhältnisse und stellen Mittelwerte der beiden Anwendungsmöglichkeiten dar.

e) Vergleichender Überblick

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten die einzelnen Eigenschaften der verschiedenen Produkte separat beschrieben worden sind, soll hier versucht werden, eine übersichtliche Beurteilung jedes einzelnen Produktes zu geben.

Das Coe-Loid zeigt ein sehr gutes Formverhalten und hohe Elastizität, nach Zugbeanspruchungen bleibt nur eine geringe bleibende Deformation zurück. Nachteilig ist die lockere Struktur dieses Abdruckstoffes, weshalb die Zugfestigkeit tief liegt. Die Mischzeit ist verhältnismäßig lang. Im abgebundenen Material finden sich oft kleine, nur Wasser enthaltende Partien. Die Oberfläche ist glatt und der Stoff läßt sich gut vom Gipsmodell entfernen. Zur Erhöhung der Adhäsion am Abdruckgerät ist Heftpflaster zu empfehlen. Eine eventuell nötige Abdrucklagerung gibt im Hygrophor oder im nassen Tuch die relativ besten Resultate, im Wasser quillt der Werkstoff rasch bis zur Auflösung.

DP zeigt im Gegensatz zum Coe-Loid eine sehr dichte Struktur mit hoher Reißgrenze, die sehr ausgeglichene Versuchsergebnisse zeitigte. Die Volumenschwankungen beim Abbinden sind klein, was sich auch im Formverhalten bei der Abdrucknahme an den parallelen Zapfen des Testmodells günstig auswirkte. Die Elastizität ist weniger groß, und es bleibt eine größere bleibende Deformation bei Abdrücken von stark untersichgehenden Objekten zurück. Als Hilfsmittel zur Adhäsion eignen sich Heftpflaster und Perforation des Löffels. Eingewickelt in ein nasses Tuch kann der fertige Abdruck bis 12 Stunden gelagert werden. Die Anzeige des Abbindens mit Farbveränderung hat sich als praktisches Hilfsmittel erwiesen.

Getz 5 L. als Nachfolger des Getz 400, ist ein sehr genaues Abdruckmaterial mit hoher Elastizität. Die Zugfestigkeit liegt hingegen an der untern Grenze. Heftpflaster bietet diesem Material die beste Adhäsionsmöglichkeit. Eine kurzfristige Aufbewahrung des Abdrucks kommt nur im Hygrophor in Frage. Das Material läßt sich gut vom Gipsmodell entfernen.

Imprex. Während bei den bisher erwähnten Produkten die Ge-

wichtsverhältnisse von Mischwasser zu Pulver etwa 2 : 1 betragen, so zeigt dieses Material ein solches von rund 1 : 1. Imprex zeigt eine glatte und homogene Oberfläche und ergab ausgeglichene Versuchsreihen. Die Zugelastizität ist verhältnismäßig klein, die bleibende Deformation aber trotzdem gering. Gute Ergebnisse zeigt das Formverhalten bei parallelen Zapfen: bei starken Unterschnitten hingegen überschreitet es die erlaubte Maximalabweichung. Für wenige Stunden läßt es sich schadlos im nassen Tuch oder im Hygrophor aufbewahren, für längere Zeit ist es jedoch unbedingt ins Wasser zu legen. Heftpflaster ist als Hilfsmittel für bessere Adhäsion am Abdruckgerät den andern vorzuziehen. Beim Abheben des Materials vom Gipsmodell bleiben auf diesem oft kleine Überreste; eine bessere Ablösbarkeit wäre wünschenswert.

Imprex-Spezial weist eine dichte und feste Struktur mit hoher Zugfestigkeit auf; trotzdem zeigt es eine mittlere Elastizität. Die bleibende Deformation ist sehr klein. Das Formverhalten bei parallelen Formen ist gut, während bei starken Unterschnitten wesentliche Unterschiede gegenüber dem Standardmodell festzustellen sind. Das Material zeigt stets eine sehr glatte Oberfläche. Die Versuchsreihen ergaben ausgeglichene Werte ohne große Streuung. Perforierter Löffel und Heftpflaster geben ihm eine gute Haftmöglichkeit; noch bessere Resultate ergab jedoch Klebwachs. Für die Aufbewahrung eines Abdrucks kann der Hygrophor oder das nasse Tuch empfohlen werden. Betreffend Ablösbarkeit vom Gipsmodell läßt sich dasselbe wie beim gewöhnlichen Imprex konstatieren.

Super-Flex weist eine hohe Zugelastizität und eine mittlere Zugfestigkeit auf, die Formveränderungen bewegen sich gerade unterhalb der zugelassenen Maxima. Heftpflaster bietet ihm die beste Haftmöglichkeit am Abdruckgerät. Die Oberfläche ist glatt, und das Material läßt sich gut vom Gipsmodell ablösen. Bis zu 12 Stunden läßt sich Super-Flex in abgebundenem Zustand ohne Nachteil im Hygrophor aufbewahren; das Einlegen in Wasser hat hingegen Quellung und Auflösung zur Folge.

Zelex „New Process“ ist die Fortentwicklung von Zelex-Plus. Es muß nur noch mit Wasser allein angemacht werden. Gegenüber Zelex-Plus ist die Abbindezeit etwas verkürzt. Die Resultate von Zelex „New Process“ werden denjenigen von Zelex 1940 gegenübergestellt in folgender Übersicht:

	Zugelastiz.	Bleib. Def.	Zugfestigkeit	Formveränderungen	
				A—E	B
Zelex 1940	6,4 ⁰ / ₀	0,8 ⁰ / ₀	835 g/cm ²	0,12 ⁰ / ₀	2,90 ⁰ / ₀
Zelex „New Process“ 1954	4,4 ⁰ / ₀	0,9 ⁰ / ₀	925 g/cm ²	0,11 ⁰ / ₀	2,67 ⁰ / ₀

Es ist daraus zu ersehen, daß die Qualitäten des heutigen Produkts

nur unwesentlich verändert sind. Allgemein weist Zelex „New Process“ eine mittlere Zugelastizität und eine hohe Zugfestigkeit auf; die Formveränderungen bewegen sich in den erlaubten Grenzen. Als Adhäsionshilfsmittel eignet sich Heftpflaster am besten. Für kurze Zeit wird das nasse Tuch oder der Hygrophor zur Abdrucklagerung empfohlen. Das Material läßt sich immer ohne Rückstände vom Gipsmodell ablösen.

3. Zusammenfassung

Nach einem kurzen Hinweis auf die geschichtliche Entwicklung der Abdruckstoffe wird das Indikationsgebiet der Alginat-Abdruckstoffe dargestellt. Anschließend erfolgt die Beschreibung der geforderten Eigenschaften für Abdruckstoffe im allgemeinen und für hydrokolloidale Materialien im speziellen. Darauf wird der chemische Aufbau und die Reaktion der Alginatstoffe beschrieben.

Die sieben Produkte Coe-Loid, DP, Gety 51, Imprex, Imprex-Spezial, Super-Flex und Zelex „New Process“ werden vergleichend untersucht hinsichtlich Zugelastizität, Zugfestigkeit, Volumenverhalten, Formverhalten und Adhäsion. Innerhalb der einzelnen Versuchsreihen zeigten sich größere und kleinere Streuungen, weshalb überall ausreichende Kontrollversuche gemacht wurden, um sichere Durchschnittsergebnisse zu erhalten.

Alle Produkte — außer DP — zeigen eine ausreichende **Zugelastizität**; geringere Unterschiede zeigten sich bei der bleibenden Deformation. Die **Zugfestigkeit** ist mit 500–600 g/cm² etwas zu gering bei Coe-Loid und Gety 51, während die übrigen Produkte eine solche von 800–1400 g/cm² aufweisen.

Die **Volumenschwankungen** sind ausgedrückt in Prozenten linearer Kontraktion resp. Expansion. Die Kurven verbinden die einzelnen Meßpunkte der ermittelten Zeitwerte und zeigen, daß beim Abbinden bei allen Produkten eine kleine Kontraktion eintritt. Die nachfolgenden Messungen dienten zur Aufklärung des Aufbewahrungsmodus. Die besten Resultate erhalten wir bei sofortigem Ausgießen der Abdrücke nach der Entnahme aus dem Mund. Ist dies aus äußern Gründen aber nicht möglich, so soll der Abdruck in einem Hygrophor oder eingewickelt in ein feuchtes Tuch aufbewahrt werden. Gewarnt wird vor dem Lagern des Abdruckes an der Luft. Imprex als einzige Ausnahme kann sogar ins Wasser gelegt werden.

An einem Standardmodell wird das **Formverhalten** untersucht. Die Messungen an parallelen Zapfen zeigen bei allen Produkten ausreichende Genauigkeit. Nach starker Deformation des Abdruckstoffs an umgekehrt konischen Zapfen überschreiten DP, Imprex und Imprex-Spezial die erlaubten Maximalabweichungen. Es wird speziell darauf hingewiesen, daß der Abdruck rasch in einem Zug vom Kiefer entfernt werden soll.

Da die **Adhäsion** der Alginat am glatten Metallabdrucklöffel un-

genügend ist, werden einige einfache Hilfsmittel zur Verbesserung der Adhäsion untersucht: Klebwachs, Heftpflaster und perforierter Löffel. Allgemein ließen sich beim Heftpflaster die besten Resultate feststellen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem sehr verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. Dolder vom Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas und für die stets bereitwillige Unterstützung mit Rat und Tat zu danken.

Literatur-Verzeichnis

1. Bonsack, Ch.: Les Alginates. Sch. M. f. Zhk. 11, 882, 1947.
2. Dolder, E.: Hydrokolloidale Abdruckmaterialien. Ein Beitrag zur Prüfungsmethodik von zahnärztlichen Werkstoffen. Sch. M. f. Zhk. 9, 785, 1940.
3. Dubs, W.: Sch. M. f. Zhk. 44, 7, 515, 1934.
4. Fischer, C. H. und Schmidt, H.: Die Verwendung der elastischen Abdruckmassen bei der indirekten Methode zur Herstellung von Gußfüllungen. DZZ 13, 685, 1951.
5. Ilg, V. K.: Untersuchungen zur Volumen- und Formbeständigkeit der Alginat-Abdruckmassen (Imprex K 4). ZW 5, 75 und 92, 1950.
6. Kirk und Othmer: Encyclopedia of chemical technology, Bd. 1, 343 — 353, New York 1947.
7. Knapp Karl W.: Hydrocolloid impressions — After 10 years. N. Y. State, DJ 14, 249, May 1948.
8. Moßdorf, M.: Eine praxisnahe Untersuchungsmethode elastischer Abdruckmassen. ZW 6, 16, 1951.
9. Paffenbarger, G. C.: Hydrocolloidal impression materials, physical properties and a specification. JADA 27, 373, 1940.
10. Schoonover, J. C. and Dickson, G.: Preparation and characteristics of elastic dental impression compounds with an alginate base. JADA 30, 565, 1943.
11. Schweizer, H.: Chemische, physikalische und klinisch-technische Untersuchungen einiger neuerer Abdruckmaterialien auf der Basis der Alginat. Diss. Zürich, 1949.
12. Skinner, Cooper, Frank: Reversible and irreversible hydrocolloid impression materials. JADA 40, 196, 1950.
13. Skinner, E. W. and Kern, W. R.: Colloidal impression materials. JADA 25, 578, April 1938.
14. Skinner, Pomés: Alginate impression materials. Technic for manipulation and criteria for selection. JADA 35, 245, August 1947.
15. Skinner, Pomés: Dimensional stability of alginate impression materials. JADA 33, 1253, Oct. 1946.

Curriculum vitae

Ich wurde am 27. Juni 1927 in St. Gallen geboren. Daselbst besuchte ich die Primarschule und die Gymnasialabteilung der St. Gallischen Kantonsschule. 1946 bestand ich dort die Maturitätsprüfung. Im Frühjahr 1947 immatrikulierte ich mich an der Universität Zürich, bestand 1949 das erste, 1951 das zweite propädeutische Examen für Ärzte und schloß meine Studien im Herbst 1953 mit dem Fachexamen für Zahnärzte ab. Infolge Militärdienstes verlor ich 1948 und 1950 je ein Semester. Seit dem Staatsexamen arbeite ich als Assistent in einer Privatpraxis.

